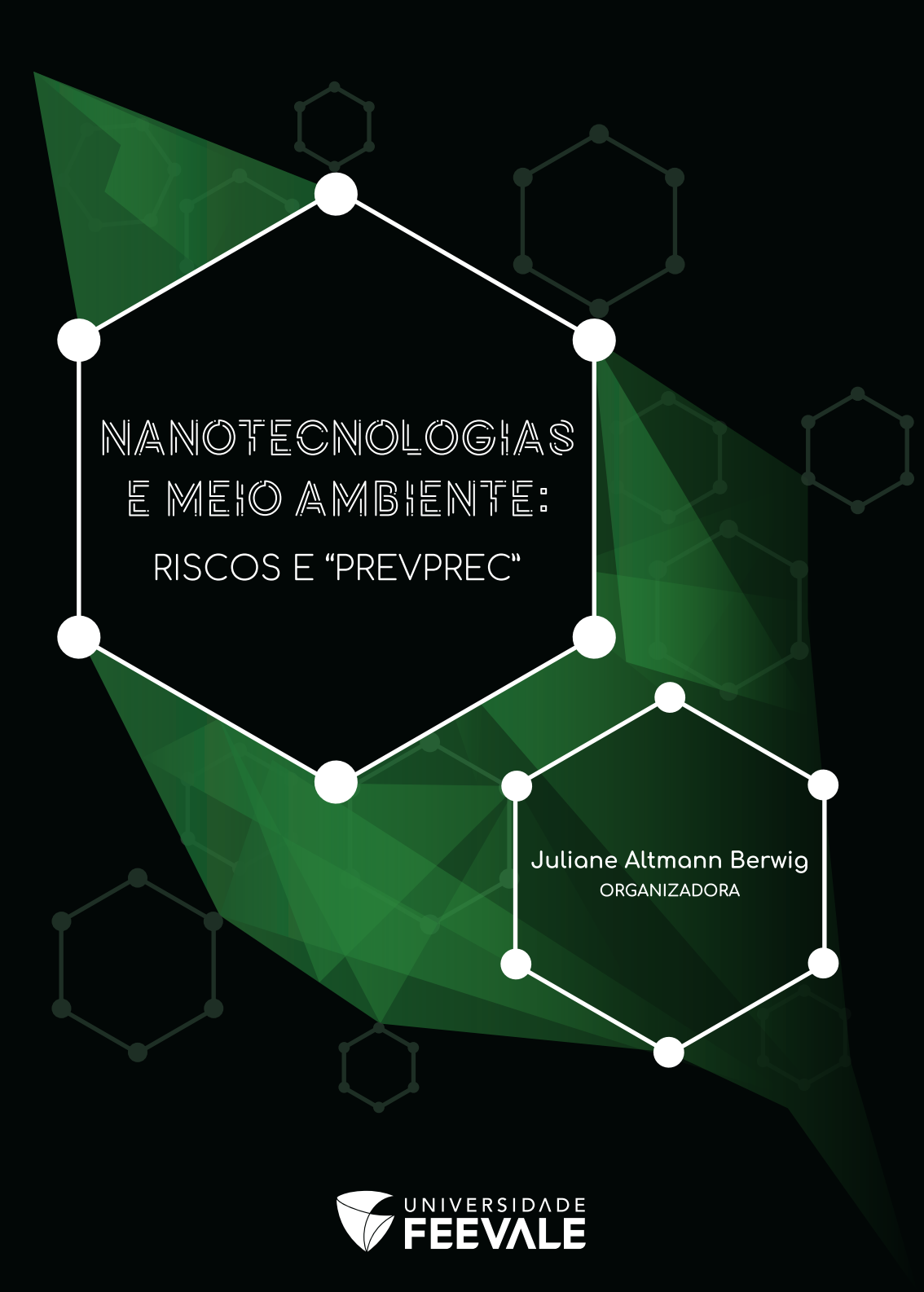




NANOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE: RISCOS E “PREVPREC”

Juliane Altmann Berwig
ORGANIZADORA

Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo - ASPEUR
Universidade Feevale

NANOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE:

RISCOS E "PREVPREC"

Juliane Altmann Berwig
Organizadora



Novo Hamburgo
2021



EXPEDIENTE

Presidente da Aspeur

Marcelo Clark Alves

Reitor da Universidade Feevale

Cleber Cristiano Prodanov

Pró-reitora de Ensino

Angelita Renck Gerhardt

Pró-reitor de Pesquisa, Pós-graduação e Extensão

Fernando Rosado Spilki

Editora Feevale

Mauricio Barth (Coordenação)

Tiago de Souza Bergenthal (Revisão textual)

Tífani Müller Schons (Design editorial)

Universidade Feevale, RS, Brasil

Bibliotecária responsável: Bruna Heller – CRB 10/2348

Nanotecnologias e meio ambiente [recurso eletrônico] : riscos e "prevprec" / Juliane Altmann Berwig organizadora. – Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2021.
Dados eletrônicos (1 arquivo : 1,2 megabytes).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: <www.feevale.br/editora>
Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-86341-06-5

1. Nanotecnologias. 2. Meio ambiente. 3. Responsabilidade jurídica. 4. Direitos humanos. I. Berwig, Juliane Altmann. II. Título.

CDU 504:620.3

UNIVERSIDADE FEEVALE

Câmpus I: Av. Dr. Maurício Cardoso, 510 | Bairro Hamburgo Velho | Novo Hamburgo/RS | CEP 93510-235

Câmpus II: ERS-239, 2755 | Novo Hamburgo/RS | CEP 93525-075

Câmpus III: Av. Edgar Hoffmeister, 500 | Zona Industrial Norte | Campo Bom/RS | CEP 93700-000

Fone: (51) 3586.8800 | Homepage: www.feevale.br

© **Editora Feevale** - Os textos assinados, tanto no que diz respeito à linguagem como ao conteúdo, são de inteira responsabilidade dos autores e não expressam, necessariamente, a opinião da Universidade Feevale. É permitido citar parte dos textos sem autorização prévia, desde que seja identificada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei n.º 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



Para auxiliar na compreensão do objeto do presente livro, importante trazer a reflexão do que são as nanotecnologias: o prefixo “nano” vem do grego “nânos”, que significa anão, muito pequeno. Assim, nanotecnologias é a área do conhecimento que estuda as estruturas, em que uma das dimensões está entre 1 e 100 nanômetros. O nanômetro, representado pela abreviação “nm”, é a bilionésima parte do metro, ou seja: 10^{-9} de metro. Logo, as nanotecnologias são tecnologias em escala nano impregnadas em determinados produtos, mecanismos, alimentos, substâncias, dentre tantas outras possibilidades. Por esta razão, a terminologia correta deve sempre estar no plural, uma vez que cada nanotecnologia (material, substância, partícula, componente, estrutura) possui sua particularidade, portanto, fala-se em as nanotecnologias para representar a tecnologia em escala nano.

As nanotecnologias, por esta via, não são uma tecnologia nova. Explica-se: os nanomateriais, por exemplo, podem ser produzidos intencionalmente ou inclusive estarem disponíveis na natureza. Assim, são divididos em: (i) natural: nanotecnologia decorrente da evolução natural dos materiais presentes na natureza; (ii) incidental: oriundo de algum processo antropogênico, mas não intencionalmente para a produção de nanopartículas, como a poluição de veículos e a fumaça gerada na produção industrial; (iii) nanomaterial fabricado (ou engenheirado): aquele que é produzido intencionalmente pela ação humana.

Apesar de disponíveis na natureza, as nanotecnologias foram descobertas há algumas décadas, todavia, é no século atual que está



sendo percebida a inclusão dos produtos nanotecnológicos no mercado, somando atualmente mais de 9 mil produtos que contêm nanotecnologias no mundo, conforme o banco de dados STATNANO.

As nanotecnologias não só prometem como já "entregam" inovações: na indústria automotiva com materiais mais leves e resistentes; na comunicação, imprimindo mais velocidade na transmissão e armazenamento de dados; na química, com maior eficiência energética, absorção das substâncias; na farmacêutica, com sistemas de difusão de medicamentos mais precisos; no setor de energia, com armazenamento e a produção de ecológica; no meio ambiente, com materiais que possibilitem a despoluição; dentre tantas outras milhares de aplicações. Este é o seu parâmetro positivo, a inovação.

O outro lado das nanotecnologias são seus riscos. Por exemplo, há um desconhecimento quanto aos efeitos das substâncias em escala nano, pois suas propriedades e seus efeitos nos organismos vivos são distintas. Os nanomateriais podem ser assimilados pelo corpo humano por quatro vias principais: nasal, oral, dérmica e intravenosa; e considerando os aspectos da saúde ambiental, os nanomateriais podem ser assimilados pelos organismos e ecossistemas através do solo, água e ar. Em testes realizados, observou-se que nanomateriais engenheirados podem induzir processos inflamatórios das vias respiratórias de camundongos. Devido à elevada área superficial e reatividade química dos nanomateriais, estes podem interagir com poluentes comumente encontrados no meio ambiente (metais pesados e pesticidas), atuando como carreadores e potencializando efeitos ecotoxicológicos. (CNPEN, 2019).

Por esta via, as nanotecnologias trazem consigo, além dos benefícios (crescimento mundial, conforto, praticidade, tecnologias, dentre tantos outros), também inúmeros riscos, que, por diversas ocasiões, podem gerar graves danos ambientais e que hoje ainda são desconhecidos. Contudo, tais riscos não são reconhecidos pelos instrumentos do



Sistema do Direito Ambiental, ou seja, os instrumentos de controle de danos, tais como o licenciamento ambiental. Pelo fato de não serem reconhecidos, pela inexistência de uma legislação específica, estes riscos nanotecnológicos não são geridos.

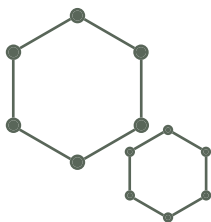
Diante deste cenário, torna-se importante o tema abordado neste livro NANOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE: RISCOS E “PREVPREC”¹, o qual reuniu pesquisadores qualificados que se dedicam a estudar o tema para trazer seus conhecimentos sobre e demonstrar as possibilidades de atuação do Direito Ambiental para a gestão dos riscos nanotecnológicos.

A presente obra é marcada pelo seu caráter multidisciplinar, reunindo pesquisadores de diferentes áreas. O tema proposto neste livro é demasiado interessante, uma vez que alerta para os riscos das nanotecnologias e demonstra, na visão dos pesquisadores, os possíveis caminhos que o Direito Ambiental poderá se utilizar para atuar em prevenção e precaução aos riscos nanotecnológicos. Portanto, os capítulos redigidos pelos pesquisadores merecem ampla divulgação, dada a sua qualidade e importância para o desenvolvimento do conhecimento sobre o tema.

Prof. Dra. Juliane Altmann Berwig²

¹ Expressão utilizada para representar a junção das palavras prevenção e precaução na gestão dos riscos nanotecnológicos.

² Doutora e mestra em Direito (UNISINOS), especialista em Direito Ambiental Nacional e Internacional (UFRGS) e graduada em Direito (UNISC). Professora no Curso de Direito da Universidade Feevale. Pesquisadora com o projeto financiado pela FAPERGS “Os riscos ambientais das nanotecnologias: estruturando as possíveis respostas do direito e informando a sociedade”. Fundadora e diretora da Associação Gaúcha dos Advogados de Direito Ambiental Empresarial – AGAAE.



SUMÁRIO



8

RESPONSABILIDADE JURÍDICA E REGULAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS
DA NANOTECNOLOGIA: UMA ANÁLISE DO CENÁRIO BRASILEIRO

41

O RISCO NA SOCIEDADE COMPLEXA E TECNOLÓGICA:
UMA ABORDAGEM SISTÊMICA LUHMANIANA

77

NANOTECNOLOGIA: DO DESENVOLVIMENTO DOS
NANOMATERIAIS AOS NANORESÍDUOS

93

ERA NANOTECNOLÓGICA E RISCO: EM QUE
MEDIDA A PRECAUÇÃO É (DES)NECESSÁRIA?

118

A MÃE NATUREZA EM UM MUNDO DADO: RESOLVENDO O
PROBLEMA DA PRECAUÇÃO NANOTECNOLÓGICA



149

NANOTECNOLOGIA: COMPLEXIDADE, RISCO
E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

178

A APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PREVENÇÃO, PRECAUÇÃO E
POLUIDOR-PAGADOR AOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS

204

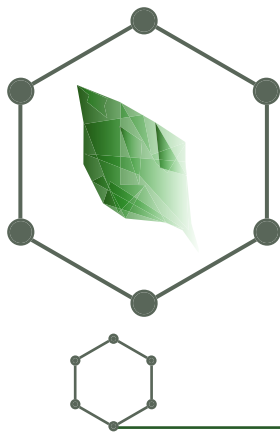
OS DIREITOS HUMANOS COMO BASE JURÍDICA PARA
A PROTEÇÃO AOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS

234

O HIBRIDISMO NORMATIVO E A
POSSIBILIDADE DE GESTÃO DE POSSÍVEIS RISCOS

255

AUTORES



A APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA PREVENÇÃO, PRECAUÇÃO E POLUIDOR-PAGADOR AOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS

Juliane Altmann Berwig
Wilson Engelmann



1 INTRODUÇÃO

As nanotecnologias têm fascinado o mundo com suas mais diversas formas de inovar “soluções” para o cotidiano da sociedade em seus mais variados sistemas e formatos de funcionamento. Ao mesmo tempo em que esta brilhante tecnologia aponta para um cenário de novidades positivas, as incertezas quanto aos seus riscos de danos ambientais e, conseqüentemente, humanos exige atenção para orientar os pesquisadores das ciências sociais e das ciências “duras” (engenheiros, físicos, químicos...) para direcionar esforços orientando as ações de prevenção e precaução.

Inúmeros são os estudos que apontam para os graves danos que as nanotecnologias podem gerar e tais danos estão relacionados à sua escala nanométrica, ou seja, os nanoagroquímicos, por exemplo, podem chegar aonde os agroquímicos não chegam, no sentido de estruturas das plantas e até mesmo de quem se alimenta delas: insetos, animais, humanos e demais seres vivos.

Apesar de parecer algo totalmente novo, as nanotecnologias já fazem parte do cotidiano dos seres humanos, estando presentes em uma série de produtos. De acordo com a base de dados Statnano, atual-



mente existem 9.287 produtos com nanotecnologia no mercado (STATNANO). Todavia, no Sistema do Direito Ambiental Brasileiro, os fatos nanotecnológicos não estão consagrados em nenhuma norma explícita de Direito objetivo (Direito/não Direito). Desta maneira, o problema que se identifica nesta pesquisa é: dada a inexistência de legislação específica, de que maneira poderiam os princípios da prevenção, precaução e poluidor-pagador serem aplicados aos riscos nanotecnológicos em proteção ao meio ambiente?

Para esta pesquisa, utilizar-se-á a pesquisa bibliográfica e a matriz sistêmico-construtivista como metodologia, uma vez que se faz necessária, para a o desenvolvimento da análise, a compreensão inicial dos riscos nanotecnológicos pelo Direito para posterior apresentação de "respostas" através de seus princípios do Direito Ambiental Brasileiro.

O objetivo da pesquisa é: demonstrar as possíveis respostas que o Sistema do Direito Ambiental brasileiro poderia oferecer aos riscos das nanotecnologias através dos princípios da prevenção, precaução e poluidor-pagador. Para tanto, iniciar-se-á a presente explanação abordando a importância da aplicação dos princípios do Direito Ambiental aos riscos nanotecnológicos e, posteriormente, em específico os Princípios da Prevenção, Precaução e Poluidor-Pagador.

2 OS PRINCÍPIOS DO DIREITO AMBIENTAL APLICADOS AOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS

O risco de ocorrência de um desastre ambiental decorrentes das nanotecnologias deve ser levado em consideração, e a passagem de Žizek (2012, p. 314-315) explica este paradoxo enfrentado diante dos riscos e incertezas científicas:



O dilema em relação à ameaça de uma catástrofe é: ou levamos a ameaça a sério e tomamos providências que, se a catástrofe não acontecer, parecerão ridículas, ou não fazemos nada e perdemos tudo se ela acontecer. A pior alternativa é escolher o caminho do meio e tomar providências limitadas; nesse caso, falharemos, aconteça o que acontecer. Não há caminho do meio em relação a uma catástrofe ambiental e, nesse tipo de situação, falar em prevenção e precaução e controle dos riscos tende a perder o sentido, já que lidamos com o que [...] deveríamos chamar de "desconhecidos": não só não sabemos onde está o ponto de virada, como nem ao menos sabemos exatamente o que não sabemos.

O movimento ecologista pôs em evidências princípios fundamentais, que indicam uma responsabilidade civil de antecipação e não apenas de reparação como até então se verifica. Ou seja, eles justamente apontam que há a necessidade de levar os juízes a acentuar a tendência de, em certos casos, assimilar a ameaça de danos, permitindo a cassação da atividade potencialmente perigosa. O Princípio da Precaução pode inclusive ser invocado para a responsabilidade civil, em razão da imprudência/negligência quando já haviam suspeitas sérias emitidas por cientistas sobre a inocuidade de determinado produto (VINEY, 2008, p. 44 e 55).

Sarlet, Machado e Fensterseifer argumentam que, no Sistema do Direito Ambiental brasileiro, os princípios jurídicos contêm força normativa, muito embora haja diferença na estrutura entre princípios e regras. Em razão da força jurídico-normativa, os Princípios são fundamentais para o desenvolvimento do Direito Ambiental, especialmente para auxiliar na interpretação e suprir as lacunas existentes nas regras (SARLET; MACHADO; FENSTERSEIFER, 2015, p. 192-193). Ou seja, eles são estruturantes do Sistema do Direito Ambiental (LEITE; AYALA, 2010, p. 50).



Os Princípios são considerados a base, o fundamento ou o ponto de apoio, neles devem estar alicerçados o pensamento. Ademais, relacionando esta definição ao contexto das nanotecnologias, os princípios são capazes de produzir "soluções adequadas, sem a necessidade de se recorrer aos limites rigoroso de um texto normativo". Devem, portanto, ser considerados em um novo conceito de Direito, aceitando-se a maleabilidade como a única forma de possibilitar a adaptação do Direito às novas situações produzidas pela sociedade (ENGELMANN, 2001, p. 88 e 160).

Dworkin explica que as regras se distinguem dos princípios através do modo de aplicação. As regras são aplicadas em determinado padrão, elas se encaixam ou não em determinado caso concreto. Princípios são aplicados em outra lógica, em outro âmbito de incidência, a partir de um centro gravitacional. Utilizam a lógica de mais e menos (DWORKIN, 2010, p. 39 e 42). O autor sustenta que qualquer teoria do Direito deve fornecer uma base para o dever judicial, de modo que os princípios justifiquem as regras estabelecidas. Para isso, é preciso identificar as preocupações e tradições da sociedade que efetivamente sustentam esses princípios (MOTTA, 2010, p. 103-104).

Para tanto, os princípios emanam das declarações internacionais sobre a proteção ambiental e, apesar de não possuírem caráter obrigatório imediato (*soft law*), são relevantes e não podem ser ignorados pelo Sistema do Direito (KRELL, 2018, p. 2182).

Frydman (2016, p. 94) explica que há a necessidade do Sistema do Direito se engajar com as demais disciplinas para manter a função do próprio sistema. Ademais, não só os operadores do Direito estão se deparando com os desafios das novas tecnologias:

Certamente, o jurista não será o único a ocupar esse terreno, onde será necessariamente chamado a trabalhar, e dialogar, em estreita colaboração ou em concorrência com o sociólogo, o economista, o administrador e o engenheiro, e também o filósofo-



fo. Mas ele não tem outra alternativa senão a de se engajar na exploração destas “terras desconhecidas”, se ele quiser manter sua eminente função de especialista em normas. Pois, como já acontecera muitas vezes na história, a noção, o domínio, os meios e as técnicas do Direito evoluem. O desejo do jurista em continuar o mesmo não pode se fundamentar em um suposto monopólio, mas unicamente em seu trabalho e seu talento.

Portanto, uma abordagem responsável em todo o ciclo de vida do produto que contém nanotecnologia deve contemplar o desenvolvimento, a produção, o uso e o descarte. Esta abordagem inclui fases: (1) identificar os riscos com testes apropriados para produtos específicos em vários estágios de desenvolvimento; (2) desenvolver técnicas de gestão de risco, com um foco em procedimentos seguros em diferentes fases do ciclo de vida; (3) desenvolver mecanismos de transparência, técnicas para informar as partes interessadas internas e externas e o público em geral, sobre identificação de riscos e decisões de gestão de risco; e (4) estabelecer sistemas de monitoramento para acompanhar a implementação e determinar a eficácia das técnicas de gestão de risco, com informações apropriadas, avaliação e ajustes necessários (SYLVESTER; ABBOTT; MARCHANT, 2008, p. 43-60).

Portanto, no contexto dos riscos nanotecnológicos, os princípios ganham importância e podem apontar para adequadas respostas, além de essenciais no preenchimento de lacunas no sistema jurídico, caso das nanotecnologias em que os fatos nanotecnológicos não são conhecidos pelo Sistema do Direito. Ademais, os princípios permitem adotar condutas maleáveis como forma de adaptação do Direito a esses novos riscos produzidos pelas inovações nanotecnológicas.



3 OS PRINCÍPIOS DA PREVENÇÃO E PRECAUÇÃO: SUAS SEMELHANÇAS E DISTINÇÕES

O Princípio da Prevenção é aplicável aos impactos ambientais já conhecidos e aos quais, com segurança, é possível estabelecer o nexo de causalidade suficiente para a identificação dos impactos futuros prováveis (ANTUNES, 2016, p. 50-51). Em seu conceito definido por Milaré, a prevenção é aplicada “quando o perigo é certo e quando se tem elementos seguros para afirmar que uma determinada atividade é efetivamente perigosa” (MILARÉ, 2013, p. 262).

Em âmbito internacional, o Princípio da Prevenção foi destacado na Declaração do Rio de 1992, nos artigos 2, 14 e 17. O princípio 2 determina, em síntese, que os Estados são soberanos para autorizar as atividades dentro do seu território, todavia, devem prevenir e assegurar que as atividades desenvolvidas não causem danos ambientais aos demais Estados.

Princípio 2 - Os Estados, de acordo com a Carta das Nações Unidas e com os princípios do Direito internacional, têm o Direito soberano de explorar seus próprios recursos segundo suas próprias políticas de meio ambiente e de desenvolvimento, e a responsabilidade de assegurar que atividades sob sua jurisdição ou seu controle não causem danos ao meio ambiente de outros Estados ou de áreas além dos limites da jurisdição nacional.

O princípio 14 remete claramente ao desastre ocorrido em 1970 em Bhopal (Índia) na empresa Union Carbide. O acidente causou a morte de milhares de pessoas, contaminação do solo, do ar e da água e até hoje produz efeitos prejudiciais à saúde das comunidades. O desastre deixou evidente que a transferência irresponsável de tecnologias entre países é: causadora de prejuízos à população, não respeita as diferenças sociais, econômicas e culturais, quando está operando e nem após o encerramento das atividades (WITTCKIND; BERWIG; ENGELMANN,



2017, p. 293-316). Em lugar de instalar as plantas poluentes em seus territórios, muitas empresas de países desenvolvidos o fazem em outros países. Isto porque, em alguns países, as normas de proteção ao trabalhador são mais flexibilizadas, ou seja, os funcionários recebem apenas salário mínimo e não são informados sobre os perigos que enfrentam para a realização do trabalho (MORONE; WOODHOUSE, 1988).

Jasanoff registra que o desastre de Bhopal diz muito sobre “os custos humanos da globalização”, e que também ilustrou a incapacidade da lei e da ciência de restaurarem a ordem, após o resultado do choque radical entre diferentes culturas, conhecimento e justiça (em razão da implantação da tecnologia americana em solo indiano). Neste sentido, o Art. 14 visa banir esta conduta:

Princípio 14 - Os Estados devem cooperar de forma efetiva para desestimular ou prevenir a realocação e transferência, para outros Estados, de atividades e substâncias que causem degradação ambiental grave ou que sejam prejudiciais à saúde humana.

O princípio 17 reflete a mesma previsão contida no Art. 225, § 1º, IV da CF/88 quanto à necessidade de realização de estudos de impacto ambiental:

Princípio 17 - A avaliação do impacto ambiental, como instrumento nacional, será efetuada para as atividades planejadas que possam vir a ter um impacto adverso significativo sobre o meio ambiente e estejam sujeitas à decisão de uma autoridade nacional competente.

No Sistema de Direito Ambiental brasileiro, o Princípio da Prevenção é encontrado, por exemplo, no art. 225, §1º, I, II, III, IV, VI e VII da CF/88 e no art. 2º, IV da Política Nacional do Meio Ambiente. A aplicação do Princípio da Prevenção ocorre quando o prejuízo ambiental é



conhecido, mais ou menos mensurável em seus efeitos e relacionado de forma direta a determinado empreendimento, atividade ou tecnologia (ALEMAR, 2014, p. 529). O licenciamento ambiental, assim como os estudos de impacto ambiental exigidos pela legislação são exemplos de aplicação prática da prevenção, pois ambos são realizados com base em conhecimentos acumulados sobre o meio ambiente (ANTUNES, 2016, p. 50-51). Importante mencionar, neste sentido do Licenciamento ambiental, que atualmente os riscos nanotecnológicos não são observados neste, uma vez que não há lei específica para tais exigências. Diante disso, os riscos nanotecnológicos passam pelo "filtro" do licenciamento ambiental.

A aplicação do Princípio da Prevenção não deve ser estática, pois deve se exigir atualizar e reavaliar todos os bens ambientais em relação às atividades danosas, para gerar a influência e a capacidade de formulação das novas políticas ambientais, das ações dos empreendedores e das atividades da Administração Pública, dos legisladores e do Judiciário (MACHADO, 2014, p. 120). Portanto, diante das compreensões doutrinárias e legais, pode-se apontar que Princípio da Prevenção é: Aplicável aos impactos ambientais já conhecidos com possível verificação do nexo de causalidade entre a atividade e os futuros danos ambientais prováveis.

A incerteza é o elemento que distingue o Princípio da Prevenção do da Precaução. Se o risco for atual ou futuro, mas certo, ou ao menos com uma probabilidade muito elevada, exige a aplicação do Princípio da Prevenção que obriga o decisor a tomar medidas para evitar o dano. Se o risco for incerto, então se está no domínio da precaução e é ele o único fundamento das medidas precaucionais do risco (ARAGÃO, 2011-2012, p. 159-185), conforme será aprofundado a seguir.

Se você olhar o princípio seriamente ao seu máximo, você nunca poderá atravessar a rua (afinal, você pode ser atropelado por um carro); você nunca poderia passar por cima de uma ponte (afinal,



ela pode desmoronar); você nunca poderia se casar (afinal, pode acabar em um desastre); etc. Se alguém realmente agisse desta forma, ele logo iria acabar em uma instituição mental. (SUNSTEIN, 2005, p. 110).

Para situar o Princípio da Precaução na história, a sua manifestação ocorreu em primeiras versões, ao que se teve conhecimento, na Lei de Proteção Ambiental Sueca de 1969 (SUNSTEIN, 2005, p. 16). A lei, em várias passagens, prevê que as Agências Estatais têm autorização para em precaução proibir as atividades nocivas ao meio ambiente. O artigo 50 da mesma lei Sueca prevê que, se o interessado teve sua permissão negada, mas se responsabilizar por eventuais danos, a decisão pode ser novamente reavaliada.

Diversos acordos, declarações e convenções foram firmados internacionalmente após a Lei Sueca e antes da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992. A declaração traz, dentre outros, o Princípio 15, hoje conhecido como a definição do significado do Princípio da Precaução. O Acordo-Quadro sobre Meio Ambiente, assinado em Assunção, no âmbito do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), em 22 de junho de 2001, internalizado pelo Decreto Legislativo nº 333, de 2003, reafirma seu compromisso com os princípios enunciados na Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992, objetivando estabelecer uma agenda comum no bloco econômico no que tange ao meio-ambiente e ao desenvolvimento sustentável (MERCOSUL).

Diante deste percurso histórico, fica claro que a definição do que é o Princípio da Precaução é resultado de uma evolução com início registrado na legislação sueca até seu marco na Declaração Rio 1992. Apesar disso, muitos questionamentos ainda pairam sobre a aplicação empírica do referido Princípio.

Em fevereiro de 2000, "um grande passo foi dado no esclarecimento do sentido do princípio da precaução com a publicação, pela Co-



missão da Comunicação relativa ao princípio da precaução” (ARAGÃO, 2011, p. 62). A comunicação tem como objetivo clarificar o recurso ao princípio da precaução na prevenção de riscos e estabelecer igualmente diretrizes para a sua aplicação (EUR-LEX).

Na conceituação de Milaré (2013, p. 262), além das incertezas científicas, a aplicação do Princípio da Precaução também ocorre quando estas forem insuficientes e inconclusivas, bem como quando houver indícios de danos potenciais:

A invocação do Princípio da Precaução é uma decisão a ser tomada quando a informação científica é insuficiente, inconclusiva ou incerta e haja indicações de que os possíveis efeitos sobre o ambiente, a saúde das pessoas ou dos animais ou a proteção vegetal possam ser potencialmente perigosos e incompatíveis com o nível de proteção escolhido.

Um aspecto importante da interpretação do Princípio da Precaução é em relação a sua aplicabilidade aos demais Princípios presentes no Sistema Jurídico Brasileiro. Neste sentido, Antunes afirma que o Princípio da Precaução “é um princípio setorial que não pode se sobrepor aos princípios constitucionais mais abrangentes” (previstos no artigo 1º da Constituição Federal, por exemplo). Ele deve, portanto, ser harmonizado com os demais princípios, tais como a ampla defesa, a isonomia e tantos outros. Além disso, o princípio não deve ser interpretado como uma cláusula geral, aberta e indeterminada (ANTUNES, 2016, p. 31 e 39).

Aragão compreende que o Princípio da Precaução pode e deve ser convocado “sempre que haja dúvidas científicas quanto ao risco de ocorrência de danos ou quanto ao tipo de danos associados”. Pressuposto fundamental do princípio é que os riscos sejam verossímeis e que os danos possíveis sejam graves e irreversíveis (ARAGÃO, 2014, p. 8).

Em suma, o Princípio da Precaução é compreendido pela doutrina dominante como devendo ser imposto “quando o exercício de determi-



nada atividade pode gerar prejuízos ainda desconhecidos pelo homem” (AMORIM, 2017). Inclusive, a Comissão das Comunidades Europeias afirmou em seu relatório denominado “Comunicação da Comissão Relativa ao Princípio da Precaução” que:

A invocação do princípio da precaução é uma decisão exercida quando a informação científica é insuficiente, inconclusiva ou incerta e haja indicações de que os possíveis efeitos sobre o ambiente, a saúde das pessoas ou dos animais ou a proteção vegetal possam ser potencialmente perigosos e incompatíveis com o nível de proteção escolhido. (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2000).

De acordo com Milaré e Setzer, é possível dizer que o princípio da precaução apresenta dois pressupostos: i) “a possibilidade de que as condutas humanas causem danos coletivos vinculados a situações catastróficas que podem afetar o conjunto de seres vivos – por uma parte – e a falta de evidência científica (incerteza) a respeito da existência do dano temido – por outra”; ii) a “incerteza não somente na relação de causalidade entre o ato e suas consequências, mas quanto à realidade do dano, a medida do risco ou do dano”. (MILARÉ; SETZER, 2006). Sendo seus pressupostos: a existência de riscos graves e a existência de incertezas significativas quanto aos riscos (ARAGÃO, 2011, 2012).

A primeira parte de Princípio da Precaução esclarece que ele só se aplica em situações em que haja uma “ameaça de dano sério ou irreversível”. Portanto, não se aplica a precaução em casos de certeza de dano ambiental – mas em “situações em que haja, simplesmente, presunção sobre a possibilidade ou probabilidade de dano sério ou irreversível”. Em sua segunda parte, o Princípio menciona que a incerteza científica não deve ser utilizada como razão para postergar as medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental. Nessa segunda, “não é explícito a que exatamente a certeza científica se refe-



re". Apesar de sabido que o Princípio Precaução, como diretriz, "busca regular a participação do conhecimento técnico e científico e o conhecimento de senso comum na previsão e no combate a degradações ambientais potencializadas por tecnologias" (CEZAR; ABRANTES, 2003).

Portanto, a Ciência atua, neste âmbito, como balizadora do que se enquadra como dano grave ou irreversível. Assim, uma vez comprovada, por meios técnico-científicos disponíveis, a existência do dano ambiental na situação fática, ou seja, em que há nexos de causalidade, cabe ao Direito a tomada de medidas restritivas à atividade de impacto. O Direito atua no fim da linha de um processo de protagonismo que incumbe à Ciência, pois, identificar os riscos, e o nexo de causalidade não é função precípua do operador jurídico, mas do agente científico (MINASSA, 2018).

O que é verificado é que o recurso ao Princípio da Precaução pressupõe, de acordo com o relatório da Comissão das Comunidades Europeias (2000), quanto às incertezas:

- i) A identificação de efeitos potencialmente nocivos decorrentes de um fenômeno, de um produto ou de um processo;
- ii) uma avaliação científica dos riscos que, devido à insuficiência dos dados, ao seu carácter inconclusivo ou ainda à sua imprecisão, não permitem determinar com suficiente certeza o risco em questão.

Aos governos cabe, então, a atribuição e empenho no desenvolvimento de políticas que objetivem a concretização da precaução. Com este entendimento, Derani menciona que são necessárias a implementação de pesquisas, o desenvolvimento de tecnologia ambiental, a construção de um sistema para observação das mudanças ecológicas, a imposição de objetivos de políticas ambientais para médio e longo prazo, a sistematização das organizações no plano de uma política de proteção ambiental, o fortalecimento dos órgãos estatais para o aprimoramento



da execução dos programas ambientais, bem como para a formação de textos legislativos visando uma efetiva organização política e legislativa da proteção ambiental (DERANI, 2008, p. 151-152).

Em suma, para além das decisões de política ambiental em sentido estrito, "o princípio da precaução aplica-se em todas as matérias" que possam causar riscos graves a Direitos protegidos, como: o meio ambiente, a saúde pública, a segurança pública, a segurança dos consumidores (ARAGÃO, 2011, 2012, p. 159-185), enfim os Direitos Humanos e Fundamentais.

Para tanto, o princípio da prevenção é aplicável aos impactos ambientais já conhecidos com possível verificação do nexo de causalidade entre a atividade e os futuros danos ambientais prováveis. Em outro sentido, o Princípio da Precaução, apesar dos desafios para se estabelecer uma definição uníssona de sentido, é aplicável aos casos em que há uma maior incerteza científica quanto aos danos ambientais. Ou seja, pode-se dizer que tanto a prevenção quanto a precaução atuam na linha de frente para evitar a ocorrência dos danos ambientais, mas, entre elas, a distinção de definição ocorre pelo simples fato da prevenção estar mais próxima do ponto de certeza e a precaução do ponto de incerteza.

4 O PRINCÍPIO DO POLUIDOR-PAGADOR: PREVENÇÃO E REPARAÇÃO

Ao lado do Princípio da Precaução, o Princípio do Poluidor-Pagador, no Direito Alemão, está presente desde os anos 70 (MACHADO, 2014, p. 95). De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, o conceito de poluidor é: "IV – poluidor, a pessoa física ou jurídica, de Direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental".



No cenário internacional, o primeiro momento em que o Princípio do Poluidor-Pagador foi mencionado foi em 1972 pela *Organisation for Economic Co-Operation And Development* (Organização para Cooperação e para o Desenvolvimento Econômico), mencionando o *Polluter-Pays Principle* (Princípio do Poluidor-Pagador) com a explanação:

O princípio a ser utilizado para a alocação dos custos da prevenção da poluição e do controle das medidas que favorece o uso racional dos recursos ambientais escassos e evita distorções no comércio internacional e investimentos é assim denominado de "Princípio do Poluidor- Pagador". Este princípio significa que o poluidor deve suportar as despesas relativas às medidas acima mencionadas, emanadas de autoridades públicas para que o meio ambiente permaneça num estado aceitável. Em outras palavras, o custo dessas medidas deverá repercutir nos custos dos bens e serviços que estão na origem da poluição pelo fato de sua produção e/ou consumo. Tais medidas não devem ser acompanhadas de subsídios que criariam distorções significantes no comércio e investimento internacional. (OECD).

Na Declaração do Rio 92 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o Artigo 16 também é reconhecido como direcionador do Princípio do Poluidor-Pagador:

Princípio 16: As autoridades nacionais devem procurar promover a internacionalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em vista a abordagem segundo a qual o poluidor deve, em princípio, arcar com o custo da poluição, com a devida atenção ao interesse público e sem provocar distorções no comércio e nos investimentos internacionais.

Este Princípio parte da constatação de que "os recursos ambientais são escassos e que o seu uso na produção e no consumo acarretam



a sua redução e degradação”. Uma vez que, se o custo da redução dos recursos naturais não for considerado no sistema de preços, o mercado não será capaz de refletir a escassez dos recursos ambientais, sendo, portanto, necessárias políticas públicas para assegurar que os preços dos produtos reflitam os custos ambientais (ANTUNES, 2016, p. 55).

Diante disso, o Princípio do Poluidor-Pagador “visa a internalização dos custos relativos externos de deterioração ambiental”. Objetivando, assim, um maior cuidado em relação ao potencial poluidor das formas de produção, tendo em conta a necessidade da qualidade do meio ambiente. Pela aplicação deste princípio, “impõe-se ao “sujeito econômico” (produtor, consumidor, transportador), que nesta relação pode causar um problema ambiental, arcar com os custos da diminuição ou afastamento do dano” (DERANI, 2008, p. 142).

Krell concorda ao afirmar que o Princípio do Poluidor-Pagador busca a “internalização dos custos econômicos ligados ao uso de recursos ambientais, onerando diretamente o usuário destes, através da criação de mecanismos que reduzem o seu consumo e/ou desperdício”. (KRELL, 2018, p. 2183).

Como sabido, os recursos ambientais (natureza pública), sempre que danificados, implicam em um custo público para a sua recuperação. Este custo é suportado por toda a sociedade. Portanto, o Princípio possui uma origem econômica e hoje é considerado um dos “princípios jurídicos ambientais mais importantes para a proteção ambiental” (ANTUNES, 2016, p. 56). A lógica é de vincular juridicamente “o gerador de tais custos ambientais, independentemente de ser fornecedor ou mesmo consumidor, com o propósito de o mesmo ser responsabilizado e, conseqüentemente, arcar com tais custos ecológicos, exonerando-se a sociedade desse encargo” (SARLET; MACHADO; FENSTERSEIFER, 2015, p. 215).

Milaré esclarece o engano que ocorre muitas vezes na interpretação do princípio, afirmando que “o pagamento pelo lançamento de



efluentes, por exemplo, não alforria condutas inconsequentes, de modo a ensejar o descarte de resíduos fora dos padrões e das normas ambientais". Desta maneira, as cobranças apenas podem ser realizadas no respaldo na lei, sob pena de se admitir o Direito de poluir. Assim, "trata-se do princípio do poluidor-pagador (poluiu, paga os danos) e não o pagador-poluidor (pagou, então pode poluir). Esta colocação gramatical não deixa margem a equívocos ou ambiguidades na interpretação do princípio" (MILARÉ, 2013, p. 267).

Benjamin confirma, neste sentido, que o Princípio Poluidor-Pagador "significa que o poluidor deve assumir os custos das medidas necessárias a garantir que o meio ambiente permaneça em um estado aceitável". Ou seja, que os custos da prevenção da degradação não sejam externalizados, mas sim, internalizados, mediante a produção dos custos do mercado incluídos os custos da prevenção ambiental (BENJAMIN, 1998, p. 21).

Com a mesma visão, Antunes (2016, p. 56) compreende que o Princípio do Poluidor-Pagador se diferencia do da responsabilidade, pois no primeiro objetiva-se impedir que os danos venham a ocorrer, quando o segundo visa a recuperação do dano ocasionado:

O elemento que diferencia o Princípio do Poluidor Pagador da responsabilidade é que ele busca afastar o ônus do custo econômico das costas da coletividade e dirigi-lo diretamente ao utilizador dos recursos ambientais. Ele não pretende recuperar um bem ambiental que tenha sido lesado, mas estabelecer um mecanismo econômico que impeça o desperdício de recursos ambientais, impondo-lhes preços compatíveis com a realidade.

Diferentemente, Machado (2014, p. 91) compreende que o Princípio do Poluidor-Pagador "obriga o poluidor a pagar a poluição que pode ser causada ou que já foi causada". Ou seja, o autor compreende que o princípio atua tanto na internalização das possíveis externalidades (pre-



venção), quanto no dever de recuperação das externalidades já causadas (recuperação). Nesta mesma ideia, Lemos (2010, p.174) afirma que "o principal objetivo do Princípio é a internalização das externalidades ambientais, ou seja, dos custos de prevenção dos danos. Permite-se que tais externalidade repercutam nos custos finais de produtos e serviços cuja produção seja poluente".

O Princípio do Poluidor-Pagador possui sua fundação jurídica no Art.14, § 1º, da Lei 6.938/1981, quando determina que o poluidor é responsável por indenizar ou reparar os danos ao meio ambiente:

Art. 14 - Sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores:

[...]

§ 1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente.

Como já mencionado, em relação à responsabilização, o Art. 225 da CF/88 também retrata a tríplice responsabilidade (LEITE; PILATI, 2014, p. 423): "§ 3º – As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados".

Aragão (2014, p. 9) compreende que o princípio do poluidor-pagador é a conjugação de dois princípios: princípio da responsabilidade e o princípio da equivalência. O princípio da responsabilidade, primei-



ro *heterônimo* do princípio do poluidor-pagador, fornece critérios para a imputação dos encargos (financeiros e outros) da produção a um determinado sujeito. O princípio da equivalência, segundo *heterônimo* do princípio do poluidor-pagador, aponta para uma extensão da responsabilidade a todos os custos – não apenas econômicos, mas também sociais e ambientais.

Diante desta lógica, alguns autores denominam o Princípio do Poluidor-Pagador associado ao Princípio da responsabilização ou ao Princípio da Reparação, no sentido de “quem polui, paga e repara.” (LEITE; AYALA, 2010, p. 58-60). Este princípio remete a responsabilização dos danos ambientais ao poluidor tanto pela responsabilidade civil quanto os mesmos associados aos instrumentos jurídicos-administrativos e à responsabilidade penal ambiental. “Esta tríplice responsabilização deve ser articulada conjunta, coerente e sistematicamente, em verdadeiro sistema múltiplo de imputação ao degradador ambiental.” (LEITE; AYALA, 2010, p. 66).

Verifica-se que a aplicação do Princípio do Poluidor-Pagador às nanotecnologias está intimamente relacionada às medidas necessárias a serem realizadas tanto para internalizar as possíveis externalidades quanto para reparar os danos ambientais decorrentes da tecnologia.

Um exemplo importante para a aplicação deste Princípio é a responsabilidade em relação às possíveis externalidades geradas pelos resíduos, lançamento de efluentes ou emissões de gases. Assim, por exemplo, em relação aos resíduos, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, e as NBRs 12335 e 11174, e a respeito dos efluentes as resoluções CONAMA 430/2011 e 357/2005 são obrigações importantes sobre as externalidades da produção e que devem ser aplicadas também para os casos de produção com nanotecnologia.

Para tanto, o Princípio do Poluidor-Pagador atua na internalização das possíveis externalidades (prevenção) e no dever de recuperação das externalidades (danos ambientais) já causadas.



Diante das questões levantadas, percebe-se que o Sistema do Direito e, em especial, o Sistema do Direito Ambiental brasileiro precisam adequar-se à nova lógica evolutiva. Esta lógica que é comandada pelo Sistema da Economia e das Ciências, mas que reflete em riscos tanto ao meio ambiente quanto para os seres humanos. Para que o Sistema do Direito se mantenha operante, transformações são necessárias e dentre elas uma maior abertura através da transdisciplinaridade para que haja comunicação com os demais subsistemas. Através desta mesma abertura que será plausível compreender os riscos nanotecnológicos ao meio ambiente e então aplicar empiricamente os princípios do Direito Ambiental, resultando em medidas eficazes para conter os eventos desastrosos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme pontuado na introdução do presente capítulo, o objetivo proposto para este é: demonstrar as possíveis respostas que o Sistema do Direito Ambiental brasileiro poderia oferecer aos riscos das nanotecnologias através dos princípios da prevenção, precaução e poluidor-pagador. Para tanto, verificou-se que a ausência de legislação objetiva a respeito da gestão dos riscos nanotecnológicos ao meio ambiente exige do Sistema do Direito Ambiental uma postura fundada nos Princípios da Prevenção, Precaução e Poluidor-Pagador para evitar os danos ambientais decorrentes das nanotecnologias e, na ocorrência de um dano, exigir a sua reparação. Portanto, no contexto dos riscos nanotecnológicos, os princípios ganham importância e podem apontar para adequadas respostas, além de essenciais no preenchimento de lacunas no sistema jurídico, especialmente no caso das nanotecnologias em que os fatos nanotecnológicos não fazem parte de normas específicas.

O problema de pesquisa proposto para o presente capítulo foi: dada a inexistência de legislação específica, de que maneira poderiam



os princípios da prevenção, precaução e poluidor-pagador serem aplicados aos riscos nanotecnológicos em proteção ao meio ambiente?

Em resposta ao problema proposto, verificou-se que uma abordagem responsável em todo o ciclo de vida do produto é essencial. Esta abordagem inclui fases que vão desde a identificação dos riscos, ao desenvolvimento de técnicas de gestão de risco, mecanismos de transparência e estabelecimento de sistemas de monitoramento. Neste sentido, o Princípio da Prevenção é aplicável aos impactos ambientais já conhecidos com possível verificação do nexo de causalidade entre a atividade e os futuros danos ambientais prováveis. Esta aplicação não deve ser estática, deve estar atualizada e ser reavaliada de acordo com as inovações e pareceres das demais ciências do conhecimento envolvidas.

Quanto ao Princípio da Precaução, pode ser dividido em duas partes para melhor interpretação, de acordo com o conceito da Rio 1992. A primeira parte esclarece que ele só se aplica em situações em que haja uma ameaça de dano sério ou irreversível. Portanto, em situações que haja presunção sobre a possibilidade ou probabilidade de dano sério ou irreversível. Na segunda parte do Princípio, a incerteza científica não deve ser utilizada como razão para postergar as medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental. Logo, a ciência atua, neste âmbito, como balizadora do que se enquadra como dano grave ou irreversível. Assim, uma vez comprovada por meios técnico-científicos disponíveis, a existência do dano ambiental na situação fática, ou seja, em que há nexo de causalidade, cabe ao Direito a tomada de medidas restritivas à atividade de impacto. Ou seja, o Direito, com fundamento na Precaução, atua no fim da linha de um processo de protagonismo que incumbe à Ciência, pois identificar os riscos e o nexo de causalidade não é função precípua do operador jurídico, mas do agente científico.



Ou seja, pode-se dizer que tanto a prevenção quanto a precaução atuam na linha de frente para evitar a ocorrência dos danos ambientais, mas entre elas a distinção de definição ocorre pelo simples fato da prevenção estar mais próxima do ponto de certeza e a precaução do ponto de incerteza.

O Princípio do Poluidor-Pagador atua na internalização das possíveis externalidades (prevenção) e no dever de recuperação das externalidades (danos ambientais) já causadas. A aplicação do Princípio do Poluidor-Pagador às nanotecnologias está intimamente relacionada às medidas necessárias a serem realizadas tanto para internalizar as possíveis externalidades quanto para reparar os danos ambientais decorrentes da tecnologia, como por exemplo em relação às possíveis externalidades geradas pelos resíduos, lançamento de efluentes, emissões de gases.

Para tanto, os Princípios da Prevenção, Precaução e Poluidor-Pagador são instrumentos aptos para atuar na contenção dos riscos de danos ambientais causados pelas nanotecnologias, apesar da inexistência de legislação específica.

REFERÊNCIAS

ALEMAR, Aguinaldo. O Princípio da Prevenção. *In*: CASTELLANO, Elisabete Gabriela; ROSSI, Alexandre; CRESTANA, Silvio (Orgs.). **Princípios gerais do Direito Ambiental**. Brasília: Embrapa, 2014.

AMORIM, Camila Silva de. Os princípios do direito ambiental da precaução e da prevenção num paralelo com os conceitos de previsibilidade e previsão. **Revista de Direito Ambiental**, v. 86, p. 49 – 65, abr./jun., 2017.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 18. ed. rev. ampl. e atual. São Paulo: Atlas, 2016.

ARAGÃO, Alexandra. Aplicação nacional do princípio da precaução. *In*: **Associação dos Magistrados da Jurisdição Administrativa e Fiscal de**



Portugal. Colóquios 2011-2012. Lisboa. p. 159-185. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/24581>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ARAGÃO, Alexandra. Direito Constitucional do Ambiente da União Europeia. In: CANITOLHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato.

Direito Constitucional Ambiental Brasileiro. São Paulo: Saraiva, 2011.

ARAGÃO, Alexandra. Princípios fundamentais do Direito dos Resíduos. In: MIRANDA, João; MARQUES, Rui Cunha; GUIMARÃES, Ana Luísa; KIRKBY, Mark (Coords.) **Direito dos Resíduos.** Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10520:1992:** Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2926>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11174:1990:** Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes - Procedimento. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=5044>. Acesso em: 20 jul. 2021.

BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcellos e. Responsabilidade Civil pelo Dano Ambiental. **Revista de Direito Ambiental**, v. 9, p. 5-52, jan./mar. 1998.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 20 jul. 2021.



BRASIL. **Decreto Legislativo Nº 333, de 2003.** Aprova o texto do Acordo-Quadro sobre Meio Ambiente, assinado em Assunção, no âmbito do Mercado Comum do Sul - MERCOSUL, em 22 de junho de 2001. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/2003/decretolegislativo-333-24-julho-2003-494160-acordo-quadro-1-pl.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 20 jul. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 20 jul. 2021.

CEZAR, Frederico Gonçalves; ABRANTES, Paulo César Coelho. Princípio da Precaução: considerações epistemológicas sobre o princípio e sua relação com o processo de análise de risco. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 225-262, maio/ago. 2003. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8743>. Acesso em: 20 jul. 2021.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Comunicação da Comissão Relativa ao Princípio da Precaução.** 2000. Disponível em: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/21676661-a79f-4153-b984-aeb28f07c80a/language-pt>. Acesso em: 20 jul. 2021.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.



DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. São Paulo: Saraiva, 2008.

DWORKIN, Ronald. **Levando os Direitos a Sério**. Tradução: Nelson Boeira. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

ENGELMANN, Wilson. **Crítica ao positivismo jurídico**: princípios, regras e o conceito de Direito. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris, 2001.

EUR-LEX. Access to European Union Law. **Comunicação da Comissão relativa ao princípio da precaução**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A52000DC0001>. Acesso em: 20 jul. 2021.

FRYDMAN, Benoit. **O fim do Estado de Direito**: governar por *standards* e indicadores. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2016.

JASANOFF, Sheila. Bhopal's Trials of Knowledge and Ignorance. *In: New England Law Review*. Disponível em: www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/518194. Acesso em: 20 jul. 2021.

KRELL, Andreas Joachim. Art. 225. *In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; SARLET, Ingo Wolfgang; STRECK, Lenio Luiz; MENDES, Gilmar Ferreira (Orgs). Comentários à Constituição do Brasil*. São Paulo: Saraiva, 2018.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Dano Ambiental**: do individual ao coletivo extrapatrimonial. 3. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.

LEITE, José Rubens Morato; PILATI, Luciana Cardoso. Evolução da responsabilidade civil ambiental no Brasil. *In: CASTELLANO, Elisabete Gabriela; ROSSI, Alexandre; CRESTANA, Silvio (Orgs.). Princípios gerais do Direito Ambiental*. Brasília: Embrapa, 2014.

LEMONS, Patrícia Faga Iglesias. **Direito Ambiental**: responsabilidade civil e proteção ao meio ambiente. 3. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.



MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 22. ed. rev. ampl. e atual. São Paulo: Malheiros, 2014.

MERCADO COMUM DO SUL (MERCOSUL). **Acordo-Quadro sobre Meio Ambiente**. Disponível em: https://normas.mercosur.int/simfiles/normativas/DEC_002-2001_PT_FERR_Acordo%20Meio%20Ambiente_MCS_At%201_01.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.

MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**. 8. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013.

MILARÉ, Edis; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica: exposição a campos eletromagnéticos gerados por estações de radiobase. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41, ano 11, p. 13-14, jan./mar., 2006.

MINASSA, Pedro Sampaio. A incógnita ambiental do princípio da precaução. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 8, n. 1, p. 158-159, 2018. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/4982/3348>. Acesso em: 20 jul. 2021.

MORONE, Joseph G.; WOODHOUSE, Edward J. **Averting Catastrophe Strategies for Regulating Risky Technologies**. Berkeley: University of California Press, 1988.

MOTTA, Francisco José Borges. **Levando o Direito a sério**: uma crítica hermenêutica ao protagonismo judicial. Coleção Lenio Luiz Streck. Florianópolis: Conceito, 2010.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Recommendation of the Council on Guiding Principles concerning International Economic Aspects of Environmental Policies**, 26 May 1972 – C (72) 128. Disponível em: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(92\)81&docLanguage=E](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(92)81&docLanguage=E). Acesso em: 20 jul. 2021.



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **ONU Meio Ambiente Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. Disponível em: <https://na-coesunidas.org/agencia/onumeioambiente/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SARLET, Ingo Wolfgang; MACHADO, Paulo Affonso Leme; FENSTER-SEIFER, Tiago. **Constituição e legislação ambiental comentadas**. São Paulo: Saraiva, 2015.

SCIENCE AND ENVIRONMENTAL HEALTH NETWORK. **The Precautionary Principle in Action**. Disponível em: <http://www.sehn.org/rtfdocs/handbook-rtf.rtf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SUNSTEIN, Cass R. **Laws of fear: beyond the precautionary principle**. New York: Cambridge, 2005.

STATNANO. **Nanotechnology Products Data Base**, 2021. Disponível em: <https://product.statnano.com/>. Acesso em: 21 jul 2021.

SYLVESTER, Douglas; ABBOTT, Kenneth; MARCHANT, Gary. Risk Management Principles for Nanotechnology. **NanoEthics**, v. 2, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1020104>. Acesso em: 20 jul. 2021.

VINEY, Geneviève. As tendências atuais do Direito da Responsabilidade Civil. *In*: TEPEDINO, Gustavo (Org.). **Direito Civil Contemporâneo: novos problemas à luz da Legalidade Constitucional**. São Paulo: Atlas.

WITTCKIND, Ellara Valentini; BERWIG, Juliane Altmann; ENGELMANN, Wilson. O desastre de bhopal: riscos e vulnerabilidades na transferência de tecnologias e o direito de saber. **Veredas do Direito**, v. 14, n. 30, p. 293-316. 2017. Disponível em: <http://www.domholder.edu.br/revis-ta/index.php/veredas/article/view/1185>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ZIZEK, Slavoj. **Vivendo no fim dos tempos**. Tradução de Maria Beatriz de Medina. São Paulo: Biotempo, 2012.